

**Method for starting an internal combustion engine, in particular on a motor vehicle**

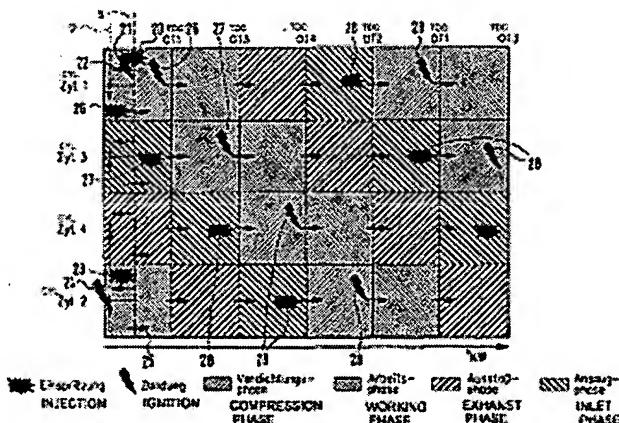
**Patent number:** DE19955857  
**Publication date:** 2001-06-07  
**Inventor:** SIEBER UDO (DE)  
**Applicant:** BOSCH GMBH ROBERT (DE)  
**Classification:**  
- international: F02N17/00; F02D41/30  
- european: F02N9/02; F02N17/00C4  
**Application number:** DE19991055857 19991120  
**Priority number(s):** DE19991055857 19991120

**Also published as:**

WO0138726 (A1)  
EP1151194 (A1)  
US6588397 (B1)

**Abstract of DE19955857**

The invention relates to an internal combustion engine, comprising a piston, which is displaceable in a cylinder and acts upon a crankshaft and can cycle through inlet, compression, working and exhaust phases. The controller, in a first operating mode, can inject the fuel directly into the combustion chamber, as defined by the cylinder and piston and in a second operating mode during an inlet phase. Said controller is set, such that, for starting the internal combustion engine, when the crankshaft is stationary, fuel may be injected and ignited (20, 21), in that cylinder (Nr. 1), whose piston (2) is in the compression phase, such that the crankshaft is sent backwards (22).



Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

**Offenlegungsschrift**  
**DE 199 55 857 A 1**

Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**F 02 N 17/00**  
F 02 D 41/30

(21) Aktenzeichen: 199 55 857.4  
 (22) Anmeldetag: 20. 11. 1999  
 (43) Offenlegungstag: 7. 6. 2001

⑦ Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

**(74) Vertreter:**  
**Dreiss, Fuhlendorf, Steimle & Becker, 70188**  
**Stuttgart**

⑦2 Erfinder:  
Sieber, Udo, Dr., 74321 Bietigheim-Bissingen, DE

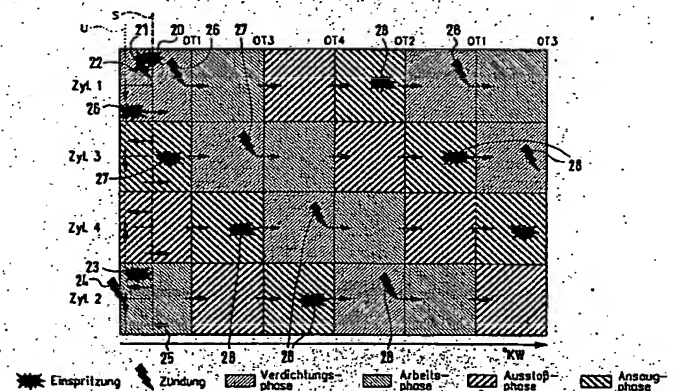
(56) **Entgegenhaltungen:**  
 DE 197 43 492 A1  
 EP 5 69 347 A2

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

**Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt**

⑤4 Verfahren zum Starten einer Brennkraftmaschine insbesondere eines Kraftfahrzeugs

Es wird eine Brennkraftmaschine insbesondere für ein Kraftfahrzeug beschrieben, die mit einem in einem Zylinder bewegbaren und auf eine Kurbelwelle einwirkenden Kolben versehen ist, der eine Ansaugphase, eine Verdichtungsphase, eine Arbeitsphase und eine Ausstoßphase durchlaufen kann. Es ist ein Steuergerät vorgesehen, mit dem der Kraftstoff in einer ersten Betriebsart während einer Verdichtungsphase oder in einer zweiten Betriebsart während einer Ansaugphase direkt in einen von dem Zylinder und dem Kolben begrenzten Brennraum eingespritzt werden kann. Das Steuergerät ist derart ausgebildet, dass zum Starten der Brennkraftmaschine im Stillstand der Kurbelwelle in denjenigen Zylinder (Nr. 1), dessen Kolben sich in der Verdichtungsphase befindet, Kraftstoff einspritzbar und entzündbar ist (20, 21), so daß sich die Kurbelwelle rückwärts bewegt (22).



**DE 199 55 857 A 1**

**DE 199 55 857 A 1**

## Beschreibung

## Stand der Technik

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Starten einer Brennkraftmaschine insbesondere eines Kraftfahrzeugs, bei dem die Brennkraftmaschine einen in einem Zylinder bewegbaren und auf eine Kurbelwelle einwirkenden Kolben aufweist, der eine Ansaugphase, eine Verdichtungsphase, eine Arbeitsphase und eine Ausstoßphase durchlaufen kann, und bei dem der Kraftstoff in einer ersten Betriebsart während einer Verdichtungsphase oder in einer zweiten Betriebsart während einer Ansaugphase direkt in einen von dem Zylinder und dem Kolben begrenzten Brennraum eingespritzt werden kann. Des weiteren betrifft die Erfindung eine entsprechende Brennkraftmaschine sowie ein entsprechendes Steuergerät insbesondere für ein Kraftfahrzeug.

Ein derartiges Verfahren, eine derartige Brennkraftmaschine und ein derartiges Steuergerät sind aus der DE 197 43 492 A1 bekannt.

Dort wird beim Starten die erste Einspritzung in denjenigen Zylinder vorgenommen, dessen Kolben sich in der Arbeitsphase befindet. Dadurch wird die Kurbelwelle in eine Vorwärtsbewegung versetzt und die Brennkraftmaschine wird gestartet. Bei ungünstigen Bedingungen, z. B. bei einem ungünstigen Kurbelwellenwinkel ist es jedoch möglich, daß zumindest ein erster Startversuch der Brennkraftmaschine nicht erfolgreich ist.

## Aufgabe und Vorteile der Erfindung

Aufgabe der Erfindung ist es, das bekannte Verfahren zum Starten einer Brennkraftmaschine zu verbessern.

Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren bzw. bei einer Brennkraftmaschine bzw. bei einem Steuergerät der eingangs genannten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass im Stillstand der Kurbelwelle in denjenigen Zylinder, dessen Kolben sich in der Verdichtungsphase befindet, Kraftstoff eingespritzt und entzündet wird, so daß sich die Kurbelwelle rückwärts bewegt.

Durch die Rückwärtsbewegung der Kurbelwelle ist es möglich, die Brennkraftmaschine in eine definierte Startposition zu bringen. Es ist damit nicht mehr möglich, daß aufgrund eines ungünstigen Kurbelwellenwinkels ein Startversuch scheitert. Stattdessen wird durch die Rückwärtsbewegung der Kurbelwelle dieselbe in eine definierte Winkelstellung gebracht, von der aus die Brennkraftmaschine sicher ohne Starter gestartet werden kann.

Bei einer ersten Ausführungsform werden die Einspritzung und/oder die Zündung derart durchgeführt, daß der Kolben sich nicht über seinen rückwärtigen unteren Totpunkt hinwegbewegt, sondern daß dort die Bewegung der Kurbelwelle sich in eine Vorwärtsbewegung umkehrt. Durch die Rückwärtsbewegung der Kurbelwelle wird also der aus dem Stillstand vorhandene Takt der Brennkraftmaschine nicht verlassen. Die Kurbelwelle befindet sich jedoch nach der Rückwärtsbewegung in einem Umkehrpunkt, der sich definiert am Beginn dieses Taktes befindet. Damit kann die Brennkraftmaschine definiert gestartet werden.

Hierzu wird in denjenigen Zylinder, dessen Kolben sich im Umkehrpunkt in der Arbeitsphase befindet, Kraftstoff eingespritzt und in oder kurz nach dem Umkehrpunkt entzündet. Damit wird eine erste Vorwärtsbewegung der Kurbelwelle erreicht.

Danach wird in denjenigen Zylinder, dessen Kolben sich im Umkehrpunkt in der Verdichtungsphase befindet, Kraftstoff eingespritzt und kurz vor oder im oberen Totpunkt dieses Kolbens entzündet. Dies ist derjenige Zylinder, in den

anfangs die erste Einspritzung stattgefunden hat, die die Rückwärtsbewegung erzeugt hat. Dies bringt den Vorteil mit sich, daß unverbranntes Gemisch aus der ersten Verbrennung nunmehr vollständig verbrannt wird. Durch die vorliegende erneute Einspritzung und Zündung wird die Kurbelwelle weiter in Vorwärtsrichtung beschleunigt.

Bei einer zweiten Ausführungsform werden die Einspritzung und/oder die Zündung derart durchgeführt, daß der Kolben sich über seinen rückwärtigen unteren Totpunkt hinwegbewegt, sich jedoch nicht über seinen darauffolgenden rückwärtigen oberen Totpunkt hinwegbewegt, sondern daß dort die Bewegung der Kurbelwelle sich in eine Vorwärtsbewegung umkehrt. Im Unterschied zu der ersten Ausführungsform bewegt sich die Kurbelwelle um einen Takt nach rückwärts. Danach gelangt sie wieder in einen definierten Umkehrpunkt, aus dem die Brennkraftmaschine definiert gestartet werden kann. Des weiteren bringt dies den Vorteil mit sich, daß für die nachfolgende Einspritzung und Zündung eine größere Luftmasse in dem Zylinder vorhanden ist als bei der ersten Ausführungsform. Daraus resultiert ein größeres Beschleunigungsvermögen.

Das nachfolgende Starten erfolgt dann bei der zweiten Ausführungsform grundsätzlich gleich wie bei der ersten Ausführungsform.

Weiterhin wird in denjenigen Zylinder, dessen Kolben sich im Umkehrpunkt in der Ansaugphase befindet, Kraftstoff eingespritzt und in der nachfolgenden Verdichtungsphase entzündet. Danach wird in der normalen Reihenfolge Kraftstoff in die Zylinder eingespritzt und entzündet.

Von besonderer Bedeutung ist die Realisierung des erfindungsgemäßen Verfahrens in der Form eines Steuerelements, das für ein Steuergerät einer Brennkraftmaschine, insbesondere eines Kraftfahrzeugs, vorgesehen ist. Dabei ist auf dem Steuerelement ein Programm abgespeichert, das auf einem Rechengert, insbesondere auf einem Mikroprozessor, ablauffähig und zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeignet ist. In diesem Fall wird also die Erfindung durch ein auf dem Steuerelement abgespeichertes Programm realisiert, so daß dieses mit dem Programm versehene Steuerelement in gleicher Weise die Erfindung darstellt wie das Verfahren, zu dessen Ausführung das Programm geeignet ist. Als Steuerelement kann insbesondere ein elektrisches Speichermedium zur Anwendung kommen, beispielsweise ein Flash-Memory oder ein Read-Only-Memory.

Weitere Merkmale, Anwendungsmöglichkeiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen der Erfindung, die in den Figuren der Zeichnung dargestellt sind. Dabei bilden alle beschriebenen oder dargestellten Merkmale für sich oder in beliebiger Kombination den Gegenstand der Erfindung, unabhängig von ihrer Zusammenfassung in den Patentansprüchen oder deren Rückbeziehung sowie unabhängig von ihrer Formulierung bzw. Darstellung in der Beschreibung bzw. in der Zeichnung.

## Ausführungsbeispiele

Fig. 1 zeigt ein schematisches Blockschaltbild eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs.

Fig. 2 zeigt ein schematisches Diagramm eines ersten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Verfahrens zum Starten der Brennkraftmaschine nach der Fig. 1 und

Fig. 3 zeigt ein schematisches Diagramm eines zweiten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Verfahrens zum Starten der Brennkraftmaschine nach der Fig. 1.

In der Fig. 1 ist eine Brennkraftmaschine 1 dargestellt, bei der ein Kolben 2 in einem Zylinder 3 hin- und herbewegbar

ist. Der Zylinder 3 ist mit einem Brennraum 4 versehen, an den über Ventile 5 ein Ansaugrohr 6 und ein Abgasrohr 7 angeschlossen sind. Des weiteren sind dem Brennraum 4 ein mit einem Signal TI ansteuerbares Einspritzventil 8 und eine mit einem Signal ZW ansteuerbare Zündkerze 9 zugeordnet. Das Abgasrohr 7 ist über eine Abgasrückführleitung 10 und ein mit einem Signal AGR steuerbares Abgasrückführventil 11 mit dem Ansaugrohr 6 verbunden.

Das Ansaugrohr 6 ist mit einem Luftmassensensor 12 und das Abgasrohr 7 ist mit einem Lambda-Sensor 13 versehen. Der Luftmassensensor 12 misst die Sauerstoffmasse der dem Ansaugrohr 6 zugeführten Frischluft und erzeugt in Abhängigkeit davon ein Signal LM. Der Lambda-Sensor 13 misst den Sauerstoffgehalt des Abgases in dem Abgasrohr 7 und erzeugt in Abhängigkeit davon ein Signal  $\lambda$ .

In einer ersten Betriebsart, dem Schichtbetrieb der Brennkraftmaschine 1, wird der Kraftstoff von dem Einspritzventil 8 während einer durch den Kolben 2 hervorgerufenen Verdichtungsphase in den Brennraum 4 eingespritzt, und zwar örtlich in die unmittelbare Umgebung der Zündkerze 9 sowie zeitlich unmittelbar vor dem oberen Totpunkt des Kolbens 2 bzw. vor dem Zündzeitpunkt. Dann wird mit Hilfe der Zündkerze 9 der Kraftstoff entzündet, so dass der Kolben 2 in der nunmehr folgenden Arbeitsphase durch die Ausdehnung des entzündeten Kraftstoffs angetrieben wird.

In einer zweiten Betriebsart, dem Homogenbetrieb der Brennkraftmaschine 1, wird der Kraftstoff von dem Einspritzventil 8 während einer durch den Kolben 2 hervorgerufenen Ansaugphase in den Brennraum 4 eingespritzt. Durch die gleichzeitig angesaugte Luft wird der eingespritzte Kraftstoff verwirbelt und damit in dem Brennraum 4 im wesentlichen gleichmäßig verteilt. Danach wird das Kraftstoff-Luft-Gemisch während der Verdichtungsphase verdichtet, um dann von der Zündkerze 9 entzündet zu werden. Durch die Ausdehnung des entzündeten Kraftstoffs wird der Kolben 2 angetrieben.

Im Schichtbetrieb, wie auch im Homogenbetrieb wird durch den angetriebenen Kolben eine Kurbelwelle 14 in eine Drehbewegung versetzt, über die letztendlich die Räder des Kraftfahrzeugs angetrieben werden. Der Kurbelwelle 14 ist ein Drehzahlsensor 15 zugeordnet, der in Abhängigkeit von der Drehbewegung der Kurbelwelle 14 ein Signal N erzeugt.

Der Kraftstoff wird im Schichtbetrieb und im Homogenbetrieb unter einem hohen Druck über das Einspritzventil 8 in den Brennraum 4 eingespritzt. Zu diesem Zweck ist eine elektrische Kraftstoffpumpe und eine Hochdruckpumpe vorgesehen, wobei letztere von der Brennkraftmaschine 1 oder elektromotorisch angetrieben sein kann. Die elektrische Kraftstoffpumpe erzeugt einen sogenannten Raildruck EKP von mindestens 3 bar und die Hochdruckpumpe erzeugt einen Raildruck HD bis zu etwa 100 bar.

Die im Schichtbetrieb und im Homogenbetrieb von dem Einspritzventil 8 in den Brennraum 4 eingespritzte Kraftstoffmasse wird von einem Steuergerät 16 insbesondere im Hinblick auf einen geringen Kraftstoffverbrauch und/oder eine geringe Schadstoffentwicklung gesteuert und/oder geregelt. Zu diesem Zweck ist das Steuergerät 16 mit einem Mikroprozessor versehen, der in einem Speichermedium, insbesondere in einem Read-Only-Memory ein Programm abgespeichert hat, das dazu geeignet ist, die genannte Steuerung und/oder Regelung durchzuführen.

Das Steuergerät 16 ist von Eingangssignalen beaufschlagt, die mittels Sensoren gemessene Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine darstellen. Beispielsweise ist das Steuergerät 16 mit dem Luftmassensensor 12, dem Lambdasensor 13 und dem Drehzahlsensor 15 verbunden. Des weiteren ist das Steuergerät 16 mit einem Fahrpedalsensor 17 verbun-

den, der ein Signal FP erzeugt, das die Stellung eines von einem Fahrer betätigbaren Fahrpedals angibt. Das Steuergerät 16 erzeugt Ausgangssignale, mit denen über Aktoren das Verhalten der Brennkraftmaschine entsprechend der gewünschten Steuerung und/oder Regelung beeinflusst werden kann. Beispielsweise ist das Steuergerät 16 mit dem Einspritzventil 8, der Zündkerze 9 und dem Abgasrückführventil 11 verbunden und erzeugt die zu deren Ansteuerung erforderlichen Signale TI, ZW und AGR.

In den Fig. 2 und 3 sind zwei Verfahren zum Starten der Brennkraftmaschine 1 der Fig. 1 in der Form von Diagrammen dargestellt. Die einzelnen Zeilen der Diagramme beziehen sich auf den jeweils angegebenen Zylinder 3. Die verschiedenen Zylinder 3 sind dabei mit Nummern gekennzeichnet. Die einzelnen Spalten der Diagramme beziehen sich auf die jeweiligen Phasen bzw. Takte, in denen sich der Kolben 2 des zugehörigen Zylinders 3 befindet. Jeder der Kolben 2 kann sich dabei in einer Ansaugphase, einer Verdichtungsphase, einer Arbeitsphase oder einer Ausstoßphase befinden. Die Übergänge zwischen den einzelnen Phasen sind durch den oberen Totpunkt OT der Kolben 2 gekennzeichnet. Insoweit stellt die Achse entlang der Phasen der Kolben 2 einen Drehwinkel °KW der Kurbelwelle 14 in Vorwärtsrichtung dar. Mit einer gestrichelten Linie S ist die Stellung der Brennkraftmaschine 1 vor dem Start dargestellt, also die Stellung im Stillstand der Brennkraftmaschine 1.

Bei den Verfahren nach den Fig. 2 und 3 ist kein Starter erforderlich.

Nach der Fig. 2 wird in den Zylinder Nr. 1, der sich bei der gestrichelten Stellung der Brennkraftmaschine 1, also im Stillstand der Brennkraftmaschine 1, in seiner Verdichtungsphase befindet, Kraftstoff eingespritzt. Der Kraftstoff wird dabei entsprechend dem Schichtbetrieb zugemessen. Dies stellt eine erste Einspritzung dar, die in der Fig. 1 mit der Bezugsziffer 20 gekennzeichnet ist.

Die Einspritzung kann, wenn die Hochdruckpumpe von der Brennkraftmaschine 1 mechanisch angetrieben wird, nur mit dem von der elektrischen Kraftstoffpumpe erzeugten Raildruck EKP erfolgen. Wird die Hochdruckpumpe jedoch z. B. elektrisch angetrieben, so kann die Einspritzung mit dem von der Hochdruckpumpe erzeugten Raildruck HD erfolgen.

Dann wird der eingespritzte Kraftstoff ebenfalls in der Verdichtungsphase des Zylinders Nr. 1 gezündet, was mit der Bezugsziffer 21 gekennzeichnet ist. Dies hat eine erste Verbrennung in dem Zylinder Nr. 1 zur Folge, aufgrund der die Kurbelwelle 14 in eine Drehbewegung versetzt wird.

Da sich der Kolben des Zylinders Nr. 1 vor seinem oberen Totpunkt befindet, bewegt sich die Kurbelwelle 14 jedoch nicht vorwärts, sondern rückwärts. Dies ist in der Fig. 1 durch den Pfeil 22 dargestellt.

In diesem Zeitpunkt der Rückwärtsbewegung der Kurbelwelle 14 befindet sich der Zylinder Nr. 2 in seiner Arbeitsphase. Durch die Rückwärtsbewegung nähert sich der Kolben des Zylinders Nr. 2 wieder seinem oberen Totpunkt. Damit wird in dem Zylinder Nr. 2 ein Kompressionsdruck aufgebaut, der die Rückwärtsbewegung der Kurbelwelle 14 abbremsst.

Es wird nunmehr davon ausgegangen, daß die erste Verbrennung derart gesteuert und/oder geregelt wird, daß das durch die erste Verbrennung in Rückwärtsrichtung erzeugte Moment nicht ausreicht, um den Kolben des Zylinders Nr. 2 über dessen oberen Totpunkt zu bringen, daß also der sich in dem Zylinder Nr. 2 aufbauende Kompressionsdruck größer ist als dieses rückwärts wirkende Moment. Dies ist gleichbedeutend damit, daß der Kolben des Zylinders Nr. 1 sich nicht über seinen rückwärtigen unteren Totpunkt hinwegbewegt.



Dies kann z. B. durch eine entsprechend niedrig bemessene eingespritzte Kraftstoffmasse bei der ersten Verbrennung erreicht werden. Die Folge davon ist, daß die Drehrichtung der Kurbelwelle 14 vor Erreichen des vorgenannten oberen Totpunkts sich in die Vorwärtsrichtung umkehrt. Dieser Umkehrpunkt befindet sich kurz nach einem Taktübergang und ist in der Fig. 1 durch eine gepunktete Linie U dargestellt.

Bevor der Kolben des Zylinders Nr. 2 den Umkehrpunkt U erreicht, wird Kraftstoff in den Brennraum dieses Zylinders Nr. 2 eingespritzt, was in der Fig. 2 durch die Bezugsziffer 23 kenntlich gemacht ist. Im Umkehrpunkt U oder kurz danach wird dieser Kraftstoff in dem Zylinder Nr. 2 entzündet, was durch die Bezugsziffer 24 dargestellt ist. Es erfolgt eine zweite Verbrennung im Zylinder Nr. 2.

Durch die Entzündung des Kraftstoffs im Zylinder Nr. 2 im Umkehrpunkt U führt der Zylinder Nr. 2 einen normalen Arbeitstakt aus. Damit wird die Kurbelwelle 14 in Vorwärtsrichtung beschleunigt. Dies ist in der Fig. 2 mit dem Pfeil 25 gekennzeichnet.

Nach dem Durchlaufen des Umkehrpunktes U, also nachdem die Brennkraftmaschine 1 sich in Vorwärtsrichtung bewegt, befindet sich der Zylinder Nr. 1 in seiner normalen Verdichtungsphase. Es wird nunmehr nochmals Kraftstoff in dieser Verdichtungsphase in den Zylinder Nr. 1 eingespritzt. Dieser Kraftstoff kann bereits vor dem Umkehrpunkt U, aber auch unmittelbar im Umkehrpunkt U oder auch danach eingespritzt werden. Der Kraftstoff wird dabei entsprechend dem Schichtbetrieb eingespritzt. Die Entzündung des Kraftstoffs findet danach kurz vor oder in dem oberen Totpunkt des Zylinders Nr. 1 statt. Dies ist in der Fig. 2 mit der Bezugsziffer 26 gekennzeichnet und stellt eine dritte Verbrennung in dem Zylinder Nr. 1 dar.

Durch diese Einspritzung und Entzündung von Kraftstoff in dem Zylinder Nr. 1 wird die Kurbelwelle 14 weiter in Vorwärtsrichtung angetrieben. Es wird darauf hingewiesen, daß diese dritte Verbrennung auch unterlassen werden kann, insbesondere wenn sich zu wenig Luft in dem Zylinder Nr. 1 befindet.

Nach dem Durchlaufen des Umkehrpunktes U befindet sich der Zylinder Nr. 3 in seiner Ansaugphase. Es wird nunmehr Kraftstoff in dieser Ansaugphase in den Zylinder Nr. 3 eingespritzt, der in der nachfolgenden Verdichtungsphase des Zylinders Nr. 3 entzündet wird. Dies ist in der Fig. 2 mit der Bezugsziffer 27 gekennzeichnet und stellt eine vierte Verbrennung dar.

Die Einspritzung und Entzündung von Kraftstoff in den Zylinder Nr. 3 erfolgt entsprechend dem Homogenbetrieb. Durch die resultierende Verbrennung von Kraftstoff in dem Zylinder Nr. 3 wird die Brennkraftmaschine 1 weiter in Vorwärtsrichtung angetrieben.

Nach dem Durchlaufen des Umkehrpunktes U wird somit während desselben Taktes Kraftstoff in den Zylinder Nr. 1 und in den Zylinder Nr. 3 eingespritzt. Die Entzündung dieses Kraftstoff erfolgt jedoch in aufeinanderfolgenden Takten der Brennkraftmaschine 1. Auf diese Weise wird eine große Beschleunigung der Brennkraftmaschine 1 und damit ein Starten derselben erreicht.

Danach wird aufeinanderfolgend Kraftstoff in die Zylinder Nr. 4, Nr. 2, Nr. 1, Nr. 3 usw. jeweils in der Ansaugphase eingespritzt und jeweils in der Verdichtungsphase entzündet. Dies ist in der Fig. 2 mit den Bezugsziffern 28 gekennzeichnet. Damit wird die Brennkraftmaschine 1 im Homogenbetrieb gesteuert und/oder geregelt, mit dem dieselbe vollends auf die Leerlaufdrehzahl beschleunigt wird.

Alternativ ist es möglich, die im Homogenbetrieb durchgeführten Einspritzungen auch im Schichtbetrieb auszuführen. Dies ist insbesondere dann möglich, wenn der von der Hochdruckpumpe erzeugte Raildruck HD schon vollständig

aufgebaut ist.

Nach der Fig. 3 wird in den Zylinder Nr. 1, der sich bei der gestrichelten Stellung der Brennkraftmaschine 1, also im Stillstand der Brennkraftmaschine 1, in seiner Verdichtungsphase befindet, Kraftstoff eingespritzt. Dies stellt eine erste Einspritzung dar, die in der Fig. 3 mit der Bezugsziffer 30 gekennzeichnet ist. Dann wird der eingespritzte Kraftstoff ebenfalls in der Verdichtungsphase des Zylinders Nr. 1 gezündet, was mit der Bezugsziffer 31 gekennzeichnet ist. Da sich der Kolben des Zylinders Nr. 1 vor seinem oberen Totpunkt befindet, bewegt sich die Kurbelwelle 14 jedoch nicht vorwärts, sondern rückwärts. Dies ist in der Fig. 3 durch den Pfeil 32 dargestellt.

In diesem Zeitpunkt der Rückwärtsbewegung der Kurbelwelle 14 befindet sich der Zylinder Nr. 2 in seiner Arbeitsphase. Durch die Rückwärtsbewegung nähert sich der Kolben des Zylinders Nr. 2 wieder seinem oberen Totpunkt. Damit wird in dem Zylinder Nr. 2 ein Kompressionsdruck aufgebaut, der die Rückwärtsbewegung der Kurbelwelle 14 abbremsst. Des weiteren befindet sich der Kolben des Zylinders Nr. 4 in seiner Ausstoßphase.

Es wird nunmehr davon ausgegangen, daß die erste Verbrennung derart gesteuert und/oder geregelt wird, daß durch die erste Verbrennung in Rückwärtsrichtung erzeugte Moment einerseits ausreicht, um den Kolben des Zylinders Nr. 2 über dessen oberen Totpunkt zu bringen, daß dieses Moment jedoch andererseits nicht ausreicht, um nachfolgend auch den Kolben des Zylinders Nr. 4 über dessen oberen Totpunkt zu bewegen. Dies ist gleichbedeutend damit, daß der Kolben des Zylinders Nr. 1 wohl über seinen rückwärtigen unteren Totpunkt, jedoch nicht über seinen nachfolgenden rückwärtigen oberen Totpunkt hinwegbewegt wird. Dies kann z. B. durch eine entsprechend bemessene eingespritzte Kraftstoffmasse in dem Zylinder Nr. 1 erreicht werden.

Die Folge davon ist, daß sich die Drehrichtung der Kurbelwelle 14 nicht vor Erreichen des oberen Totpunkts des Zylinders Nr. 2, sondern erst vor Erreichen des oberen Totpunkts des Zylinders Nr. 4 in die Vorwärtsrichtung umkehrt. Dieser Umkehrpunkt ist in der Fig. 3 durch eine gepunktete Linie U dargestellt und befindet sich kurz nach einem Taktübergang. In diesem Umkehrpunkt U befindet sich somit der Zylinder Nr. 2 in seiner Verdichtungsphase und der Zylinder Nr. 4 in seiner Arbeitsphase.

Bevor der Kolben des Zylinders Nr. 4 den Umkehrpunkt U erreicht, wird Kraftstoff in den Brennraum dieses Zylinders Nr. 4 eingespritzt, was in der Fig. 3 durch die Bezugsziffer 33 kenntlich gemacht ist. Im Umkehrpunkt U wird dieser Kraftstoff in dem Zylinder Nr. 4 entzündet, was durch die Bezugsziffer 34 dargestellt ist.

Durch die Entzündung des Kraftstoffs im Zylinder Nr. 4 im Umkehrpunkt U führt der Zylinder Nr. 4 einen normalen Arbeitstakt aus. Damit wird die Kurbelwelle 14 in Vorwärtsrichtung beschleunigt. Dies ist in der Fig. 3 mit dem Pfeil 35 gekennzeichnet.

Nach dem Durchlaufen des Umkehrpunktes U, also nachdem die Brennkraftmaschine 1 sich in Vorwärtsrichtung bewegt, befindet sich der Zylinder Nr. 2 in seiner normalen Verdichtungsphase. Es wird nunmehr Kraftstoff in dieser Verdichtungsphase in den Zylinder Nr. 2 eingespritzt.

Dieser Kraftstoff kann bereits vor dem Umkehrpunkt U, aber auch unmittelbar im Umkehrpunkt U oder auch danach eingespritzt werden. Der Kraftstoff wird dabei entsprechend dem Schichtbetrieb eingespritzt. Die Entzündung des Kraftstoffs findet danach kurz vor dem oberen Totpunkt des Zylinders Nr. 2 statt. Dies ist in der Fig. 1 mit der Bezugsziffer 36 gekennzeichnet.

Nach dem Durchlaufen des Umkehrpunktes U befindet

sich der Zylinder Nr. 3 in seiner Ansaugphase. Es wird nunmehr Kraftstoff in dieser Ansaugphase in den Zylinder Nr. 3 eingespritzt, der in der nachfolgenden Verdichtungsphase des Zylinders Nr. 3 entzündet wird. Dies ist in der Fig. 3 mit der Bezugsziffer 37 gekennzeichnet.

Danach wird aufeinanderfolgend Kraftstoff in die Zylinder Nr. 4, Nr. 2, Nr. 1, Nr. 3 usw. jeweils in der Ansaugphase eingespritzt und jeweils in der Verdichtungsphase entzündet. Dies ist in der Fig. 3 mit den Bezugsziffern 38 gekennzeichnet.

Bei den vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispielen wird immer von einer vierzylindrigen Brennkraftmaschine ausgegangen. Es ist jedoch ebenfalls möglich, die beschriebenen Vorgehensweisen auf eine zwei- oder dreizylindrige Brennkraftmaschine anzuwenden. Dabei muß dann die erste Verbrénnung derart ausgeführt werden, daß derjenige Kolben, der bei der erfolgenden Rückwärtsbewegung zuerst seine Arbeitsphase erreicht, nicht über seinen oberen Totpunkt hinwegbewegt wird. Aus diesem Umkehrpunkt heraus kann dann die Brennkraftmaschine in der beschriebenen Weise gestartet werden.

Die beschriebenen Vorgehensweisen für eine vierzylindrige Brennkraftmaschine lassen sich ebenfalls auf Brennkraftmaschinen mit mehr als vier Zylindern anwenden.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Starten einer Brennkraftmaschine (1) insbesondere eines Kraftfahrzeugs, bei dem die Brennkraftmaschine (1) einen in einem Zylinder (3) bewegbaren und auf eine Kurbelwelle (14) einwirkenden Kolben (2) aufweist, der eine Ansaugphase, eine Verdichtungsphase, eine Arbeitsphase und eine Ausstoßphase durchlaufen kann, und bei dem der Kraftstoff in einer ersten Betriebsart während einer Verdichtungsphase oder in einer zweiten Betriebsart während einer Ansaugphase direkt in einen von dem Zylinder (3) und dem Kolben (2) begrenzten Brennraum (4) eingespritzt und nachfolgend entzündet werden kann, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Stillstand der Kurbelwelle (14) in denjenigen Zylinder (Nr. 1), dessen Kolben (2) sich in der Verdichtungsphase befindet, Kraftstoff eingespritzt und entzündet wird (20, 21 bzw. 30, 31), so daß sich die Kurbelwelle (14) rückwärts bewegt (22 bzw. 32).
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Einspritzung und/oder die Zündung derart durchgeführt werden, daß der Kolben (Zylinder Nr. 1) sich nicht über seinen rückwärtigen unteren Totpunkt hinwegbewegt, sondern daß dort die Bewegung der Kurbelwelle (14) sich in eine Vorwärtsbewegung umkehrt (Fig. 2, Umkehrpunkt U).
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass in denjenigen Zylinder (Nr. 2), dessen Kolben sich im Umkehrpunkt (U) in der Arbeitsphase befindet, Kraftstoff eingespritzt und in oder kurz nach dem Umkehrpunkt (U) entzündet wird (23, 24).
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass in denjenigen Zylinder (Nr. 1), dessen Kolben sich im Umkehrpunkt in der Verdichtungsphase befindet, Kraftstoff eingespritzt und kurz vor oder im oberen Totpunkt (OT1) dieses Kolbens entzündet wird (26).
5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Einspritzung und/oder die Zündung derart durchgeführt werden, daß der Kolben (Zylinder Nr. 1) sich über seinen rückwärtigen unteren Totpunkt hinwegbewegt, sich jedoch nicht über seinen darauffol-

genden rückwärtigen oberen Totpunkt hinwegbewegt, sondern daß dort die Bewegung der Kurbelwelle (14) sich in eine Vorwärtsbewegung umkehrt (Fig. 3, Umkehrpunkt U).

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass in denjenigen Zylinder (Nr. 4), dessen Kolben sich im Umkehrpunkt (U) in der Arbeitsphase befindet, Kraftstoff eingespritzt und in oder kurz nach dem Umkehrpunkt (U) entzündet wird (33, 34).

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass in denjenigen Zylinder (Nr. 2), dessen Kolben sich im Umkehrpunkt in der Verdichtungsphase befindet, Kraftstoff eingespritzt und kurz vor oder im oberen Totpunkt (OT2) dieses Kolbens entzündet wird (36).

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass in denjenigen Zylinder (Nr. 3 bzw. Nr. 1), dessen Kolben sich im Umkehrpunkt in der Ansaugphase befindet, Kraftstoff eingespritzt und in der nachfolgenden Verdichtungsphase entzündet wird (27 bzw. 37).

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß danach in der normalen Reihenfolge Kraftstoff in die Zylinder (3) eingespritzt und entzündet wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Kraftstoff im Homogenbetrieb oder im Schichtbetrieb eingespritzt und entzündet wird.

11. Steuerelement, insbesondere Flasch-Memory oder Read-Only-Memory, für ein Steuergerät einer Brennkraftmaschine insbesondere eines Kraftfahrzeugs, auf dem ein Programm abgespeichert ist, das auf einem Rechenggerät, insbesondere auf einem Mikroprozessor, abläuffähig und zur Ausführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 10 geeignet ist.

12. Brennkraftmaschine (1) insbesondere für ein Kraftfahrzeug, mit einem in einem Zylinder (3) bewegbaren und auf eine Kurbelwelle (14) einwirkenden Kolben (2), der eine Ansaugphase, eine Verdichtungsphase, eine Arbeitsphase und eine Ausstoßphase durchlaufen kann, und mit einem Steuergerät (16), mit dem der Kraftstoff in einer ersten Betriebsart während einer Verdichtungsphase oder in einer zweiten Betriebsart während einer Ansaugphase direkt in einen von dem Zylinder (3) und dem Kolben (2) begrenzten Brennraum (4) eingespritzt werden kann, dadurch gekennzeichnet, dass das Steuergerät (16) derart ausgebildet ist, dass zum Starten der Brennkraftmaschine (1) im Stillstand der Kurbelwelle (14) in denjenigen Zylinder (Nr. 1), dessen Kolben (2) sich in der Verdichtungsphase befindet, Kraftstoff einspritzbar und entzündbar ist (20, 21 bzw. 30, 31), so daß sich die Kurbelwelle (14) rückwärts bewegt (22 bzw. 32).

13. Steuergerät (16) für eine Brennkraftmaschine (1) insbesondere für ein Kraftfahrzeug, wobei die Brennkraftmaschine (1) mit einem in einem Zylinder (3) bewegbaren und auf eine Kurbelwelle (14) einwirkenden Kolben (2) versehen ist, der eine Ansaugphase, eine Verdichtungsphase, eine Arbeitsphase und eine Ausstoßphase durchlaufen kann, und wobei mit dem Steuergerät (16) der Kraftstoff in einer ersten Betriebsart während einer Verdichtungsphase oder in einer zweiten Betriebsart während einer Ansaugphase direkt in einen von dem Zylinder (3) und dem Kolben (2) begrenzten Brennraum (4) eingespritzt werden kann, dadurch gekennzeichnet, dass das Steuergerät (16) derart ausgebildet ist, dass zum Starten der Brennkraftmaschine (1) im Stillstand der Kurbelwelle (14) in denjenigen Zylinder (Nr. 1), dessen Kolben (2) sich in der Verdichtungs-

phase befindet, Kraftstoff einspritzbar und entzündbar ist (20, 21 bzw. 30, 31), so daß sich die Kurbelwelle (14) rückwärts bewegt (22 bzw. 32).

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

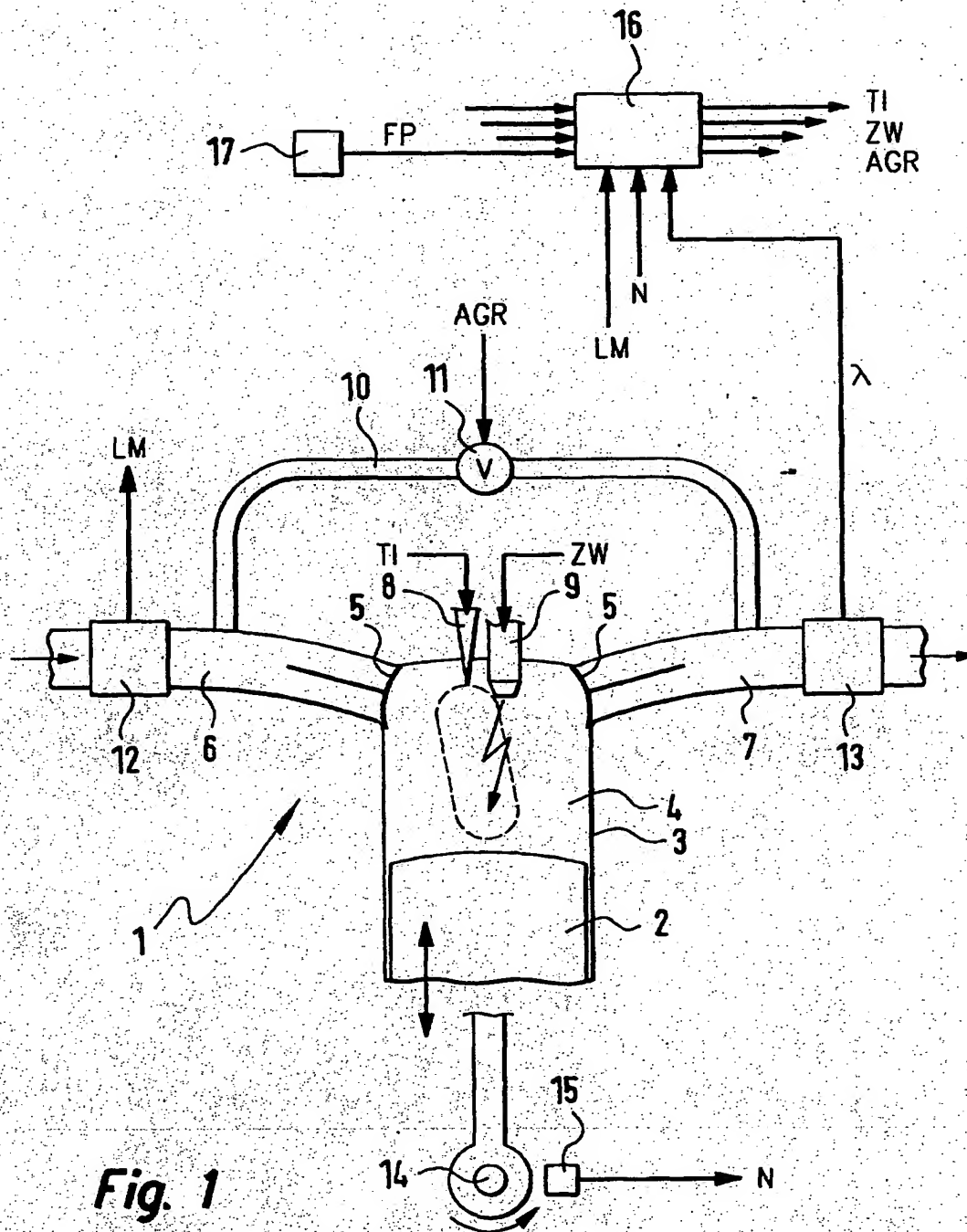
55

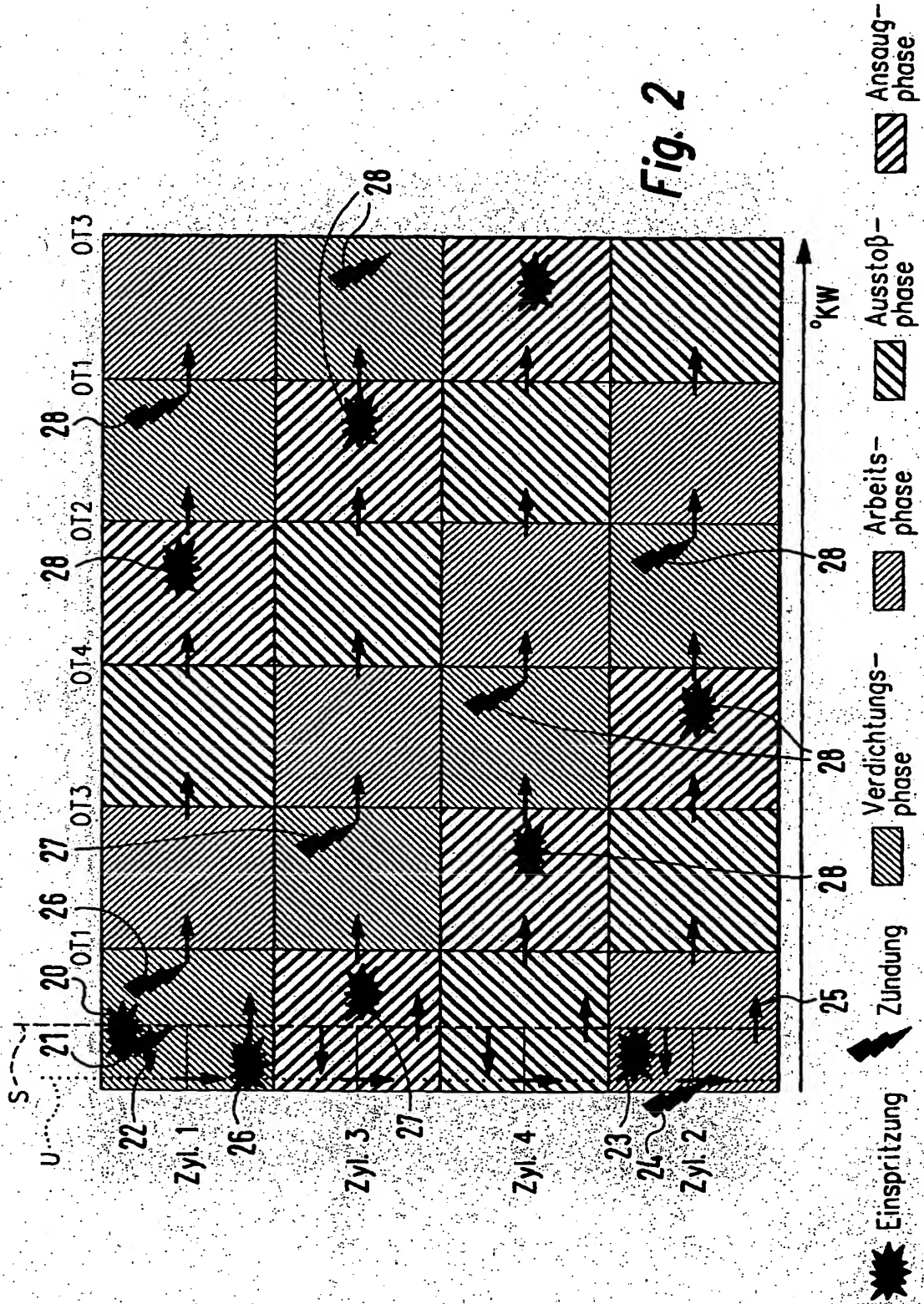
60

65

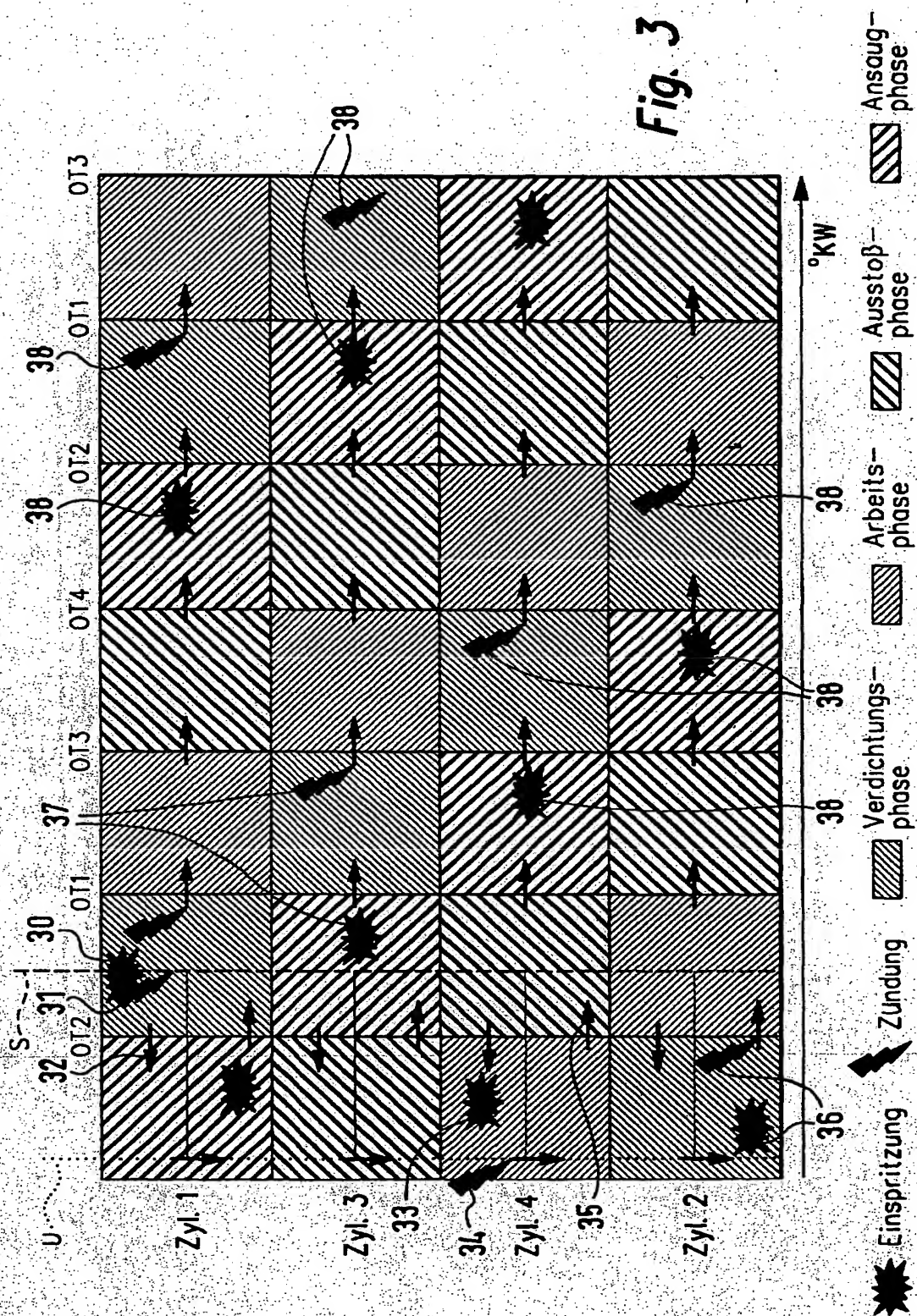


- Leerseite -





**Fig. 3**



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ ~~FADED~~ TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**



**THIS PAGE BLANK (ISPTO)**